

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2014/32



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0109	
Naslov programa	Modeliranje v tehniki in medicini	
Vodja programa	9806	Ivan Prebil
Obseg raziskovalnih ur	12900	
Cenovni razred	C	
Trajanje programa	01.2009 - 12.2013	
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	782	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
	381	Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta
	794	Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2	TEHNIKA
	2.11	Konstruiranje
Družbeno-ekonomski cilj	06.	Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2	Tehniške in tehnološke vede
	2.03	Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Izhodišče programske skupine je, da za opis delovanja tehničnih sistemov in človeškega telesa uporablja enotno teoretično osnovo, ki vsebuje fizikalno (mehansko) in matematično modeliranje ter specifične eksperimentalne in numerične postopke. Pri tem teoretične in metodološke rešitve s področja tehnike prenaša in navezuje na področji biomehanike in medicine. Obravnavana področja lahko razdelimo v naslednje vsebinske sklope:

1. Analiza odpovedi gibljivih in negibljivih zvez tehničnih sistemov kot posledice utrujenostne poškodbe materiala v področju malociklične trdnosti in v prehodu v področje časovne trdnosti. Namen in cilj je izdelati materialne modele, ki bodo uporabni pri analizi nosilnosti in določanju dobe trajanja kritično obremenjenih delov nosilnih struktur in sklopov vozil ter sestavnih delov. Poleg tega je cilj razviti metodo za analizo zaznavanja začetka in povečevanja poškodbe s pomočjo stalnega ali občasnega monitoringa, ki ga apliciramo in preverjamo na področju obratovanja velikih kotalnih ležajev nosilnih vrtljivih zvez.
2. Razvoj numeričnih modelov in preskuševališč za analize obnašanja materiala in celotnega

- vozila ter posredno tudi na potnike v vozilu ob delovanju minsko eksplozivnih sredstev.
3. Informacijski sistemi za upravljanje s tehnično in tehnološko dokumentacijo.
 4. Modeliranje in analiza dinamičnega odziva vozil na upravljanje in ostale zunanje obremenitve, sistemi za simulacijo ter vrednotenje dinamike vožnje in upravljanja vozil. Cilj je razviti modul za analizo in simulacijo dinamike vožnje in upravljanja vozila ter izdelava potrebnih modelov, s katerimi bo mogoča izvedba računalniškega simulatorja vožnje terenskih vozil na osnovi gibajoče se platforme s popolno povratno informacijo.
 5. Razvoj sistemov za vrednotenje in podporo načrtovanju prometne infrastrukture za zagotavljanje varnosti udeležencev v prometu, analize in razvoj elementov cestne infrastrukture ter sistemov za monitoring cestne infrastrukture in dogodkov v prometu (učinkovito modelirati vozne površine za analize in simulacije prometnih nezgod ter za potrebe načrtovanja in vzdrževanja cestne infrastrukture ter sistem, ki bo omogočal enostavno upravljanje, nadzor in optimiranje javnega potniškega prometa).
 6. Modeliranje človeškega telesa za analizo dinamike in poškodb udeležencev v prometnih nezgodah. Namen in cilj je razviti podroben MKE-model vratne hrbtenice z ligamenti, tetivami in mišicami ter izdelati preskuševališče z linearno vodenimi sanmi za vpetje vzorca vratne hrbtenice, opremljenega s senzoriko za merjenje dinamičnega odziva vratne hrbtenice pri simuliranih pogojih trka vozil. Lokalizirane meritve dinamičnega odziva bodo dopolnjevali trčni preskusi s celotnim preskušancem.
 7. Karakterizacija in modeliranje anatomskih struktur. Namen je zasnovati postopke, ki bodo omogočili pripravo vzorcev tkiv za preskušanje in matematično modeliranje tkiv, ugotavljanje morebitnih razlik med fiksiranimi in nefiksiranimi tkivi pri različnih obremenitvah ter zasnova in izdelava preskuševališča za ugotavljanje lastnosti in meje poškodb tkiv.

ANG

The basic principle of the research group is to apply a uniform theoretical basis to describe the functioning of technical systems and human body, which includes both physical and mathematical modelling as well as specific test and numerical procedures. Theoretical and methodological solutions in engineering are thereby transferred and applied in the field of biomechanics and medicine. The fields in question can be divided into the following thematic units:

1. Failure analysis of stiff or relatively moving connecting elements of mechanical systems resulting from fatigue damage of material within the area of low-cycle fatigue strength and at transition into the strength time limit domain.

The purpose and objective is to make material models which are applicable for analysis of the bearing capacity and service life of critically loaded parts of load-bearing structures, vehicle assemblies and component parts. Another objective is to develop a method for analysis of damage initiation and growth by means of regular and non-regular monitoring which is applied and verified within the operation domain of large-size rolling bearings.

2. Development of numerical models and test stands for analysis of material as well as the behaviour of a vehicle and vehicle passengers under explosive loads.

3. Information systems for management of technical and technological documentation.

4. Modelling and analysis of the dynamic vehicle response to vehicle control and other external loads, systems for simulation and evaluation of driving dynamics and vehicle control.

The purpose is to develop a module for analysis and simulation of driving dynamics and vehicle control as well as to make models that enable computer simulation of off-road driving on a moving platform with complete feedback.

5. Development of systems which help evaluate and support the planning of public transport infrastructure for the purpose of ensuring the safety of traffic participants, analysis and development of road infrastructure elements and systems for monitoring of road infrastructure and traffic events.

6. Human-body modelling for analysis of dynamics and injuries to traffic accident participants.

The purpose and objective is to develop a detailed FEM model of the cervical spine with ligaments, chords and muscles as well as to produce a test stand with linear guide slides for the attachment of a cervical spine sample which is also equipped with sensorics for measuring the dynamic response of the cervical spine under simulated conditions of vehicle collision. Local measurements of the dynamic response will be supplemented by collision tests with a complete test sample.

7. Characterization and modelling of anatomical structures. The purpose is to develop procedures which will enable preparation of tissue samples for testing and mathematical modelling of tissues, determination of potential discrepancies between fixated and non-fixated tissues under various loads as well as design and making of a test stand for determination of tissue damage properties and boundaries.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

SLO

Področja raziskovalnega programa:

Za zahtevne vrtljive kotalne zveze smo razvili relacijski model, ki nudi podporo pri hitrem kreiranju ponudb in dokumentacije. V primeru naročila lahko v kratkem odzivnem času generiramo modele za verifikacijo nosilnosti, delavniško dokumentacijo ter opredelimo tehnologijo izdelave in montaže. Razvita je bila multivariatna večločljivostna nelinearna statistična monitoring metoda detekcije in diganostike poškodb v velikih ležajih, ki predstavlja novost na specifičnem področju. Na področju magnetnega hlajenja smo nadaljevali raziskave in razvoj prototipa rotacijskega magnetnega hladilnika (RMH) tretje generacije. Izdelana je tudi celotna dokumentacija za tretjo generacijo prototipa RMH, poudarek je na segmentu tesnenja in tehnologičnosti proizvodnje posameznih sestavnih delov. Razvit in izdelan je bil tudi laboratorijski linerani magnetni hladilnik, kjer smo dosegli 50% izboljšanje zmogljivosti. Doseženi rezultati na tem področju se uvrščajo v širši svetovni vrh razvoja tehnologije magnetnega hlajenja.

Na področju mehanike kontinuuma je bil razvit in izpopolnjen model popisa fenomena tečenja v konstitutivnih modelih ciklične plastifikacije, ki je združen z enačbami utrjevanja ter tečenja in zapisan v programsko kodo končnih elementov (KE). Za ugotavljanje in popis iniciacije in rasti poškodbe materiala pri cikličnih obremenitvah so bili opravljeni trgalni testi, na osnovi katerih smo z lastno razvitim programom ugotovili razlike med metodami in njihove slabosti.

Na področju vozil smo se ukvarjali z razvojem hibridnega gospodarskega vozila in na področju torzijskih vzmeti z namenom doseganja njihove daljše dobe trajanja. V okviru razvojnega projekta integracije minometa v vozilo Pandur II 8x8 je bil opravljen razvoj in verifikacija samonosilne strukture vozila zaradi delovanja minometa.

Na področju razvoja protiminske in protibalistične zaščite smo s kombinacijo eksperimentalnih in numeričnih raziskav določili materialne parametre ter numerične simulacije za novo jeklo PROTAC 500 (proizvajalec ACRONI). Raziskan je bil tudi vpliv robnih pogojev ter odboj eksplozijskega vala. Razvita je bila zasnova preskuševališča za ugotavljanje in verifikacijo dinamičnega odziva struktur na eksplozivno obremenitev.

V okviru optimizacije proizvodnih sistemov smo razvili upravljalno aplikacijo optimizacije proizvodnega sistema v procesu proizvodnje pnevmatik, kar je nov pristop v kontroli in upravljanju proizvodnega sistema (holonijski proizvodni sistemi).

Na področju vozil in prometa sta programski orodji i3Drive in FBAKIDY dosegli razvojno stopnjo, ko sta uporabni pri pedagoškem delu in kot podpora pri predstavitvah rezultatov raziskovalnih nalog s področja dinamike vozil. Verifikacija razvitih aplikacij in mehanskih modelov vozil je izvedena na podlagi primerjave rezultatov simulacije ter meritev. S tem je programska oprema vstopila v razvojno fazo, ko bo nadgrajevana z izboljšavami algoritmov in prilagoditvami glede na želje uporabnikov.

Na področju prometne informatike je programska oprema BUSO uporabna pri rednem načrtovanju infrastrukture in aktivnosti v javnem potniškem prometu, ki so predpogoj za uvedbo enotne potniške vozovnice. Razvojne metode, uporabljene pri aplikaciji BUSO, so bile uporabljene pri razvoju aplikacije za spremljanje prometne varnosti (BSM = *Black Spot Management*), ki prek razvite spletne aplikacije uporabnikom in širši javnosti omogoča pregledovanje in upravljanje podatkov v bazi.

Za namen eksperimentalnega dela na področju vozil in prometa je bil razvit merilni sistem, ki je vgrajen v merilno vozilo in omogoča merjenje kinematičnih količin in izdelavo geometrijskega modela vozne površine. S pomočjo merilnega sistema so bili primerjani rezultati meritev z napravo za kontinuirano merjenje torne sposobnosti vozišča SCRIM in dosegljivi pojemki pri zaviranju z različnimi parametri vozila na različnih vrstah vozišč. Na osnovi primerjav med metodama so izdelani matematični modeli za ugotavljanje dejanskih tornih razmer in poti ustavljanja na določenih cestnih odsekih ob določenem času.

Na področju biomehanike je bil model človeškega telesa dopolnjen z izboljšanim modelom sedeža in na novo razvitim modelom varnostnega pasu z zategovalnikom, zadrževalnim mehanizmom in omejevalnikom zatezne sile. Dopolnjen je bil podrobni KE-model vratu za simulacijo dinamike in obremenitev potnika v vozilu pri trkih, kjer pogosto prihaja do nihajne poškodbe hrbtenice. KE-model, ki vključuje ligamente in mišice vratu ter zgornjega dela hrbta, omogoča simulacijo časovnega poteka in analizo napetostno-deformacijskega stanja v anatomskih strukturah vratu. Zasnova modela je izvirna, saj podobni komercialni modeli vratu zanemarjajo preostale prizadete strukture. Verifikacija je pokazala dobro ujemanje med izmerjenim in simuliranim odzivom modela, pri čemer model zanesljivo predvideva mesto največje obremenitve oz. možne nihajne poškodbe. Narejena je serija nateznih preizkusov na posebej razvitem eksperimentalnem nateznem stolu, in sicer po protokolu odvzema, izoliranja in vpetja svežih človeških vzorcih. Na podlagi serije

nateznih preizkusov treh ligamentov vratne hrbtenice je bil raziskan vpliv hitrosti deformacije in velikosti predobremenitve v zoni morebitne poškodbe pri trku vozil, na mehanske lastnosti ligamentov. Analizirana je bila sprememba togosti ligamentov ter maksimalne sile in deformacije v funkciji starosti donatorja vzorca. Na osnovi eksperimentov je bil verificiran izpopolnjeni matematični model treh vratnih ligamentov za območje elastičnosti in poškodbe.

Razvit in izdelan je prototip isokinetične testne naprave, ki se uporablja za testiranje fizičnih in biomehanskih sposobnosti vseh športnih reprezentantov RS.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

SLO

Na področju analiz odpovedi struktur ter razvoja numeričnih modelov in preizkuševališč smo sledili zastavljenim ciljem in dosegli velik uspeh:

- z razvitim in potrjenim materialnim modelom z upoštevanjem širjenja nehomogene plastične deformacije s popisom fenomena tečenja, kar je velik uspeh v razumevanju obnašanja nizkolegiranih jekel v področju plastične deformacije in pri generiranju kode končnega elementa,
- z razvojem nove metode odkrivanja in nadzorovanja rasti malocikličnih utrujenostnih poškodb na področju nadzora delovanja ležajev velikih dimenzij in
- z razvojem laboratorijskih naprav za hlajenje na osnovi magnetokaloričnega efekta smo omogočili poglobljen študij zakonitosti oblikovanja in uporabe različnih magnetnih regenerativnih materialov.

Na osnovi rezultatov nas je za pomoč zaprosilo več slovenskih podjetij in inštitucij, ker smo uspešno sodelovali pri razvoju relacijskega modela za kreiranje ponudb in ponudbene dokumentacije za vrtljive kotalne zveze, raziskavah na področju torzijskih vzmeti, razvoju kolesnih elektromotorjev za električna vozila, razvoju varnih cestnoprometnih nosilnih strukturah in več drugih projektih in nalog za domačo in tujo industrijo.

Na področju vozil, prometa in prometne informatike so bili zastavljeni cilji v celoti realizirani. Postavljena in verificirana je metodologija za pridobivanje parametrov, potrebnih za izvajanje podrobnih simulacij dinamike vozil. Razvito programsko orodje za interaktivno simulacijo vožnje i3Drive je v uporabi pri pripravah predstavitev dela skupine in v pedagoškem procesu na FS. Programski orodji BUSO in BSM sta v uporabi na Direkciji RS za ceste za namen upravljanja sistema javnega potniškega prometa in spremljanja stanja na nevarnih mestih cestnega omrežja. V skladu z zahtevami uporabnikov rezultatov je razvita spletna aplikacija za prikazovanje podatkov o preteklih prometnih nezgodah javno dostopna na spletni strani AVP-ja. Opravljena je bila tudi analiza obnašanja prometnih zrcal, ki je bila osnova za pripravo tehnične specifikacije za prometna zrcala TSC 02.415.

Na področju biomehanike je bil model človeškega telesa nadgrajen z elementi pasivne varnosti v vozilu. Razvit in verificiran je bil MKE-model vratu in zgornjega dela trupa, v katerega so vključene vplivne anatomske strukture. Za namen karakterizacije struktur je bila zgrajena naprava, na kateri so bili opravljeni natezni preskusi vzorcev tkiv. Izvedba meritev predstavlja kontinuiran proces, prilagojen razpoložljivosti ustreznih vzorcev tkiv. Izmerjene mehanske lastnosti so neposredno uporabljene v MKE-modelu vratu, ter komercialno dostopnim MKE programskim okoljem zagotavljajo natančnejše modeliranje vratne hrbtenice. Istočasno verificarni materialni model omogoča natančnejše numerično modeliranje vratnih ligamentov. Raziskovalno in razvojno delo dopolnjujemo z biomehaniko v športu, za katerega je možno zaznati večji interes v slovenskem ter mednarodnem prostoru.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine⁴

Glede na predlagano sestavo programske skupine se je zaradi zmanjšanja obsega financiranja glede na število zaprosenih letnih raziskovalnih ur iz 4250 na 1,44 FTE oz. na 2448 ur programska skupina zmanjšala. Kljub temu smo cilje raziskovalnega programa v celoti dosegli

in tudi presegli, a le s tem, da so določeni raziskovalci sodelovali z 0 urami.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	3782251	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Anatomija jetrnega venoznega ligamenta (lig. venosum Arantii) in njegov kirurški pomen pri nadzoru leve jetrne vene in skupnega venskega debla
		ANG	Anatomy of the ligamentum venosum Arantii and its contribution to the left hepatic vein and common trunk control
	Opis	SLO	Natančno poznavanje anatomije venoznega ligamenta lahko pri operativni odstranitvi dela jeter olajša nadzor nad levo jetrno veno in venskim deblom, ki nastane z združitvijo leve in srednje jetrne vene. Namen raziskave je bil natančno proučiti in opisati venozni ligament ter njegov odnos do leve jetrne vene oziroma skupnega venskega debla. Ugotovili smo, da prepariranje in prekinitev venoznega ligamenta olajša intraoperativni nadzor nad jetrnimi venami – dolžino izvenjetrnega dela, večjo od 3 mm, smo izmerili v 86% v primeru leve jetrne vene in v 84% v primeru venskega debla.
		ANG	The control of the left hepatic vein (LHV) and the common trunk of the LHV and the middle hepatic vein (CT) is considered difficult during liver resections and could be facilitated by detailed knowledge of the ligamentum venosum Arantii (LV). The aim of the study was to describe the LV and its relations to the LHV and the CT. The results showed that LV dissection facilitated and enabled the extraparenchymatous control of the hepatic veins: the extrahepatic parts of the LHV and CT measured more than 3 mm in 86% and 84% of the cases, respectively.
	Objavljeno v	Karger; Cells tissues organs; 2009; Vol. 190, no. 5; str. 297-300; Impact Factor: 3.322; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.78; A": 1; A': 1; WoS: AY, DR, HY; Avtorji / Authors: Dahmane Raja, Morjane Abdelwaheb, Ravnik Dean, Hribernik Marija	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	11310875	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	I3Drive, 3D interaktivni simulator vožnje
		ANG	I3Drive, a 3D interactive driving simulator
	Opis	SLO	Simulator vozila modelira sisteme na vozilu, ki vključujejo obešenje koles, transmisijo ter zavorni in krmilni sistem. Modeli so vgrajeni v programsko aplikacijo z vizualizacijo v navideznem 3D okolju, kar omogoča simulacijo kolesnih vozil različnih konfiguracij z do osmimi kolesi v realnem času. Simulacijski model lahko upravlja tudi aktuatorje haptičnega vmesnika in zagotavlja povratno informacijo v obliki pomika ali sile. Sistem je bil preverjen z meritvami na resničnih vozilih. Rezultati se dobro ujemajo, zaradi česar je sistem uporaben za preučevanje različnih vidikov zmogljivosti vozil.
		ANG	The vehicle simulator models systems on the vehicle, including suspension, powertrain, braking and steering system. The models are incorporated into a software application with visualization in a virtual 3D environment, which can simulate a wheeled vehicle of various configurations with up to eight wheels in real time. The simulation models also control actuators of a haptic interface to provide motion and force feedback. The system was verified by measurements on real vehicles. The results correspond well, making the system usable for studying different aspects of vehicle performance.
		IEEE Computer Society; National Computer Graphics Association; IEEE	

	Objavljeno v	computer graphics and applications; 2010; Vol. 30, iss. 2; str. 86-92; Impact Factor: 1.724; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.167; A': 1; WoS: EW; Avtorji / Authors: Ambrož Miha, Prebil Ivan	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	11450395	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Multivariatna in večskalna statistična monitoring metoda osnovana na kombinaciji metode EEMD in analize glavnih komponent za ležaje velikih dimenzij
		ANG	Multivariate and multiscale monitoring of large-size low-speed bearings using ensemble empirical mode decomposition method combined with principal component analysis
	Opis	SLO	S ciljem, da bi odkrili poškodbo velikega kotalnega ležaja, ko je ta še v začetnem stanju, je bila razvita multivariatna in večskalna statistična monitoring metoda. Razvita metoda, ki združuje metodo glavnih komponent (PCA) in metodo Ensemble Empirical Mode Decomposition (EEMD) je bila poimenovana EEMD-MSPCA. Učinkovitost razvite metode je bila preverjena na namensko zgrajenem laboratorijskem preizkuševališču. Sposobnost identifikacije zelo majhne lokalne poškodbe ležaja kaže na to, da lahko s pomočjo predlagane metode z visoko zanesljivostjo odkrivamo poškodbe v ležajih.
		ANG	With to the purpose of detecting incipient failures in large-size low-speed rolling bearings, a new multivariate and multiscale statistical monitoring method was developed. The developed method, which combines the Principal Component Analysis (PCA) and the Ensemble Empirical Mode Decomposition (EEMD) method, was called EEMD-MSPCA. The efficiency of the developed method was verified on a purpose-built laboratory test stand. The fact that the developed method is able to identify local bearing defect of a very small size indicates that the method ensures high reliability bearing fault detection.
	Objavljeno v	Academic Press; Mechanical systems and signal processing; 2010; Vol. 24, iss. 4; str. 1049-1067; Impact Factor: 1.762; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.909; A': 1; WoS: IU; Avtorji / Authors: Žvokelj Matej, Zupan Samo, Prebil Ivan	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	11953179	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nelinearna multivariatna in večločljivostna metoda monitoringa in odstranjevanja šuma osnovana na jedrni metodi glavnih osi in ansambelski metodi empirične dekompozicije
		ANG	Non-linear multivariate and multiscale monitoring and signal denoising strategy using kernel principal component analysis combined with ensemble empirical mode decomposition method
	Opis	SLO	Članek predstavlja novo nelinearno multivariatno in večločljivostno metodo statističnega monitoringa in odstranjevanja šuma, ki združuje nelinearni multivariatni monitoring pristop jedrne metode glavnih osi (KPCA) ter ansambelsko metodo empirične dekompozicije (EEMD) z namenom pokrivanja večskalne dinamike sistema. Predlagana metoda, ki nam omogoča spopadanje s kompleksnimi, celo zelo nelinearnimi sistemi s širokim dinamičnim območjem, je bila poimenovala EEMD-osnovana večločljivostna metoda KPCA (EEMD-MSKPCA). Metoda je dokaj splošna in je tako potencialno uporabna na različnih področjih za različne naloge, tudi brez poglobljenega razumevanja narave sistema, ki ga želimo spremljati. Njena učinkovitost je bila najprej prikazana na ilustrativnem numeričnem primeru, nakar je bila preverjena še njena primernost za nalogo odkrivanja in diagnosticiranja poškodb v ležajih ter učinkovitost pri odstranjevanju šuma. Slednje je bilo opravljeno tako na simuliranih signalih kot tudi na

		<p>dejanskih signalih vibracij in akustične emisije (AE), ki so bili izmerjeni na namensko zgrajenem preizkuševališču za počasi vrteče se ležaje velikih mer. Pozitivni rezultati, ki smo jih dobili, kažejo na to, da je predlagana metoda EEMD-MSKPCA obetavno orodje za spopadanje z nelinearnimi in hkrati večskalnimi podatki, ki predstavljajo skupno sliko dogodkov z različnimi časovno-frekvenčnimi karakteristikami.</p>
	ANG	<p>The article presents a novel non-linear multivariate and multiscale statistical process monitoring and signal denoising method which combines the strengths of the Kernel Principal Component Analysis (KPCA) non-linear multivariate monitoring approach with the benefits of Ensemble Empirical Mode Decomposition (EEMD) to handle multiscale system dynamics. The proposed method which enables dealing with complex even severe non-linear systems with a wide dynamic range was named the EEMD-based multiscale KPCA (EEMD-MSKPCA). The method is quite general in nature and could be used in different areas for various tasks even without any really deep understanding of the nature of the system under consideration. Its efficiency was first demonstrated by an illustrative example, after which the applicability for the task of bearing fault detection, diagnosis and signal denoising was tested on simulated as well as actual vibration and acoustic emission (AE) signals measured on a purpose-built large-size low-speed bearing test stand. The positive results obtained indicate that the proposed EEMD-MSKPCA method provides a promising tool for tackling non-linear multiscale data which present a convolved picture of many events occupying different regions in the time-frequency plane.</p>
	Objavljeno v	Academic Press; Mechanical systems and signal processing; 2011; Vol. 25, iss. 7; str. 2631-2653; Impact Factor: 1.824; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.056; A': 1; WoS: IU; Avtorji / Authors: Žvokelj Matej, Zupan Samo, Prebil Ivan
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	11935003 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p>SLO Dinamično delovanje aktivnega magnetnega regenerotorja (AMR)</p> <p>ANG Dynamic operation of an active magnetic regenerator (AMR)</p>
	Opis	<p>SLO Razvit je bil nov, hiter in fleksiblen, časovno-odvisen, eno-dimenzijski numerični model za analize delovanja aktivnega magnetnega regenerotorja (AMR). Model je zasnovan na sistemu enačb (za magnetokalorični material in delovni fluid), ki so bile reševane simultano z uporabo programa MATLAB. Model lahko uporabimo za analizo širokega nabora obratovalnih pogojev (masni tok, frekvenca obratovanja, sprememba magnetnega polja), različnih geometrij AMR, različnih magnetokaloričnih materialov in delovnih fluidov. Članek predstavlja optimizacijo AMR geometrije, kjer se AMR sestoji iz nasutih kroglic gadolinija (Gd). Izvedena je bila optimizacija masnega toka in obratovalne frekvence AMR za pet različnih premerov kroglic.</p> <p>ANG A new, fast and flexible, time-dependent, one-dimensional numerical model was developed in order to study in detail the operation of an active magnetic regenerator (AMR). The model is based on a coupled system of equations (for the magnetocaloric material and the heat-transfer fluid) that have been solved simultaneously with the software package MATLAB. The model can be employed to analyze a wide range of different operating conditions (mass-flow rate, operating frequency, magnetic field change), different AMR geometries, different magnetocaloric materials and heat-transfer fluids, layered and single-bed AMRs, etc. This paper also presents optimization of the AMR news geometry, where the AMR consists of a packed-bed of grains (spheres) of gadolinium (Gd). The optimization of the mass-flow rate and the operating frequency of the AMR were performed by studying five different diameters of Gd spheres.</p>

Objavljeno v	Elsevier Science; International journal of refrigeration; 2011; Vol. 34, iss. 6; str. 1507-1517; Impact Factor: 1.817; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.056; A': 1; WoS: DT, IU; Avtorji / Authors: Tušek Jaka, Kitanovski Andrej, Prebil Ivan, Poredoš Alojz
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

Družbeno-ekonomski dosežek																							
1.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>11087387</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Jeklene varnostne ograje</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>Steel Safety Barriers</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Realne situacije trkov vozil v varnostne ograje so pokazale, da pri trku stik vozila z varnostno ograjo nastopi le redko pod predpisanimi pogoji, kot jih priporoča standard EN 1317 pri testiranju ustreznosti varnostnih ograj, ter da je kvaliteta zadrževanja vozil odvisna predvsem od oblike, debeline pločevine in višine stebrička. Vzrok zatikanja kolesa vozila za steber ograje je pogosto prešibka konstrukcija vodila, ki ne izpolnjuje pričakovane naloge vodenja kolesa ob stebričku. Za preprečitev zatikanja kolesa za steber je potrebno zagotoviti dovolj močno in široko vodilo.</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>Real-world situations of vehicles crashing into safety barriers have shown that only seldom a vehicle strikes a barrier under the prescribed conditions recommended by EN 1317 for testing the conformity of safety barriers and that the containment level of vehicles depends largely on the shape, sheetmetal thickness and the height of the barrier post. The jamming of a vehicle wheel behind the barrier post is caused by insufficient durability of the beam design that fails to perform its main task (to guide the wheel along the post). In order to prevent wheel jamming, the beam needs to be strong and wide.</td> </tr> <tr> <td>Šifra</td> <td colspan="2">F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso</td> </tr> <tr> <td>Objavljeno v</td> <td colspan="2">Vieweg + Teubner; Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion; 2009; Str. 901-933; Avtorji / Authors: Prebil Ivan, Kunc Robert</td> </tr> <tr> <td>Tipologija</td> <td colspan="2">1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji</td> </tr> </table>	COBISS ID	11087387	Vir: COBISS.SI	Naslov	<i>SLO</i>	Jeklene varnostne ograje	<i>ANG</i>	Steel Safety Barriers	Opis	<i>SLO</i>	Realne situacije trkov vozil v varnostne ograje so pokazale, da pri trku stik vozila z varnostno ograjo nastopi le redko pod predpisanimi pogoji, kot jih priporoča standard EN 1317 pri testiranju ustreznosti varnostnih ograj, ter da je kvaliteta zadrževanja vozil odvisna predvsem od oblike, debeline pločevine in višine stebrička. Vzrok zatikanja kolesa vozila za steber ograje je pogosto prešibka konstrukcija vodila, ki ne izpolnjuje pričakovane naloge vodenja kolesa ob stebričku. Za preprečitev zatikanja kolesa za steber je potrebno zagotoviti dovolj močno in široko vodilo.	<i>ANG</i>	Real-world situations of vehicles crashing into safety barriers have shown that only seldom a vehicle strikes a barrier under the prescribed conditions recommended by EN 1317 for testing the conformity of safety barriers and that the containment level of vehicles depends largely on the shape, sheetmetal thickness and the height of the barrier post. The jamming of a vehicle wheel behind the barrier post is caused by insufficient durability of the beam design that fails to perform its main task (to guide the wheel along the post). In order to prevent wheel jamming, the beam needs to be strong and wide.	Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso		Objavljeno v	Vieweg + Teubner; Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion; 2009; Str. 901-933; Avtorji / Authors: Prebil Ivan, Kunc Robert		Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	
COBISS ID	11087387	Vir: COBISS.SI																					
Naslov	<i>SLO</i>	Jeklene varnostne ograje																					
	<i>ANG</i>	Steel Safety Barriers																					
Opis	<i>SLO</i>	Realne situacije trkov vozil v varnostne ograje so pokazale, da pri trku stik vozila z varnostno ograjo nastopi le redko pod predpisanimi pogoji, kot jih priporoča standard EN 1317 pri testiranju ustreznosti varnostnih ograj, ter da je kvaliteta zadrževanja vozil odvisna predvsem od oblike, debeline pločevine in višine stebrička. Vzrok zatikanja kolesa vozila za steber ograje je pogosto prešibka konstrukcija vodila, ki ne izpolnjuje pričakovane naloge vodenja kolesa ob stebričku. Za preprečitev zatikanja kolesa za steber je potrebno zagotoviti dovolj močno in široko vodilo.																					
	<i>ANG</i>	Real-world situations of vehicles crashing into safety barriers have shown that only seldom a vehicle strikes a barrier under the prescribed conditions recommended by EN 1317 for testing the conformity of safety barriers and that the containment level of vehicles depends largely on the shape, sheetmetal thickness and the height of the barrier post. The jamming of a vehicle wheel behind the barrier post is caused by insufficient durability of the beam design that fails to perform its main task (to guide the wheel along the post). In order to prevent wheel jamming, the beam needs to be strong and wide.																					
Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso																						
Objavljeno v	Vieweg + Teubner; Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion; 2009; Str. 901-933; Avtorji / Authors: Prebil Ivan, Kunc Robert																						
Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji																						
2.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>11087131</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Biomehanski podatki</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>Biomechanische Daten</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td><i>SLO</i></td> <td>Prispevek podrobno obravnava metode za pridobivanje biomehanskih podatkov, ki se uporabljajo pri analizi prometnih nezgod. Predstavljeni so principi modeliranja človeškega telesa, njihove značilnosti in programske implementacije. V prispevku je temeljito obravnavana metoda medicinske oslikave in geometrijske rekonstrukcije, uporabljena in izpopolnjena v okviru raziskovalnih dejavnosti projektne skupine. Dosegljiva natančnost ocene masnih lastnosti je velikostnega reda en odstotek. Omogoča individualizirano pridobivanje biomehanskih podatkov.</td> </tr> <tr> <td><i>ANG</i></td> <td>The paper presents methods of the acquisition of biomechanical data which is applied in the analysis of traffic accidents. Presented are the methods of human body modelling and software implementations. The paper also provides a detailed description of the medical imaging method and geometrical reconstruction which was applied and improved within the scope of research activities of the research group. Achievable accuracy of</td> </tr> </table>	COBISS ID	11087131	Vir: COBISS.SI	Naslov	<i>SLO</i>	Biomehanski podatki	<i>ANG</i>	Biomechanische Daten	Opis	<i>SLO</i>	Prispevek podrobno obravnava metode za pridobivanje biomehanskih podatkov, ki se uporabljajo pri analizi prometnih nezgod. Predstavljeni so principi modeliranja človeškega telesa, njihove značilnosti in programske implementacije. V prispevku je temeljito obravnavana metoda medicinske oslikave in geometrijske rekonstrukcije, uporabljena in izpopolnjena v okviru raziskovalnih dejavnosti projektne skupine. Dosegljiva natančnost ocene masnih lastnosti je velikostnega reda en odstotek. Omogoča individualizirano pridobivanje biomehanskih podatkov.	<i>ANG</i>	The paper presents methods of the acquisition of biomechanical data which is applied in the analysis of traffic accidents. Presented are the methods of human body modelling and software implementations. The paper also provides a detailed description of the medical imaging method and geometrical reconstruction which was applied and improved within the scope of research activities of the research group. Achievable accuracy of									
COBISS ID	11087131	Vir: COBISS.SI																					
Naslov	<i>SLO</i>	Biomehanski podatki																					
	<i>ANG</i>	Biomechanische Daten																					
Opis	<i>SLO</i>	Prispevek podrobno obravnava metode za pridobivanje biomehanskih podatkov, ki se uporabljajo pri analizi prometnih nezgod. Predstavljeni so principi modeliranja človeškega telesa, njihove značilnosti in programske implementacije. V prispevku je temeljito obravnavana metoda medicinske oslikave in geometrijske rekonstrukcije, uporabljena in izpopolnjena v okviru raziskovalnih dejavnosti projektne skupine. Dosegljiva natančnost ocene masnih lastnosti je velikostnega reda en odstotek. Omogoča individualizirano pridobivanje biomehanskih podatkov.																					
	<i>ANG</i>	The paper presents methods of the acquisition of biomechanical data which is applied in the analysis of traffic accidents. Presented are the methods of human body modelling and software implementations. The paper also provides a detailed description of the medical imaging method and geometrical reconstruction which was applied and improved within the scope of research activities of the research group. Achievable accuracy of																					

		the mass property evaluation is of the order 1%. It enables individualised acquisition of mechanical data.
Šifra	F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev
Objavljeno v	Vieweg + Teubner; Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion; 2009; Str. 849-866; Avtorji / Authors: Prebil Ivan	
Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	
3.	COBISS ID	11916571 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Sistem za upravljanje javnega prometa
	ANG	Public transport management system
Opis	SLO	Prispevek predstavlja programsko rešitev "BUSO" za pregledovanje in uporabljanje podatkov o javnem potniškem prometu. Programska aplikacija vsebuje orodja za iskanje in prikaz entitet na zemljevidih in ortofotografijah. Uporabnik lahko vnaša in ureja postajne točke, postavlja linijske odseke po obstoječi cestni infrastrukturi, vnaša in ureja posamezne avtobusne linije v mrežo linijskih odsekov, vnaša cestne odseke, ki jih ni v obstoječi digitalni cestni infrastrukturi, skupaj z njihovimi projiciranimi, računskimi ali izmerjenimi dolžinami, uporabi podatke o postajnih točkah za vnos njihovih lastnosti in prikaže informacije o izbrani entiteti (linijskem odseku, postajni točki, cesti, naselju, občini). Uporabnik lahko programsko opremo uporabi za načrtovanje in izdelavo itinerarjev in pripravo podatkov za izvoz v različnih oblikah. Poseben modul omogoča terensko pridobivanje geometrije osi cest s pomočjo GPS sprejemnika. Programska oprema je povezljiva z obstoječimi sistemi za upravljanje javnega prometa. Zaradi svoje odprtosti in modularne zgradbe jo je mogoče prilagoditi potrebam uporabnikov in jo povezati z ostalimi prometnimi informacijskimi sistemi.
	ANG	The paper presents the software solution "BUSO" for viewing and management of data about scheduled public transport. The software application provides search tools and display of entities on maps and orthophoto. The user can enter, edit and catalogue station points, lay out line segments over the existing digital road infrastructure, enter road segments missing from the road network together with their projected and calculated or measured lengths, enter, edit and organize individual bus lines, and display information about the selected entities (station points, line segments, itineraries, roads, settlements, communities). The user can use the software to enter station point properties on the field and to plan and lay out itineraries, join them into lines, regions and prepare the data for export in different forms. A special module enables field acquisition of road axes by using a GPS receiver. The software can be connected to existing information systems for management of public transport data. Due to its openness and modular structure the software can be adapted to user needs and connected to other traffic information systems.
Šifra	F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz
Objavljeno v	Fakulteta za pomorstvo in promet; Pomorstvo, promet in logistika; 2011; Str. [1-10]; Avtorji / Authors: Korinšek Jernej, Ambrož Miha, Prebil Ivan	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
4.	COBISS ID	259015680 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Tehnična dokumentacija
	ANG	Technical documentation
		Knjiga predstavlja podroben pregled teoretičnih osnov in uveljavljenih praks pri izdelovanju tehnične dokumentacije v skladu z aktualnimi ISO-standardi in s poudarkom na tehničnem risanju v strojništvu. Najprej so

	Opis	SLO	predstavljeni temelji izdelovanja, ravnanja in manipulacije tehnične dokumentacije (osnovna pravila risanja, orodje, mediji za risanje, vrste in oblike risb, reprodukcija in hranjenje itd.). Nato so v več poglavjih obdelana pravila risanja in uveljavljene posebnosti (poenostavitve) pri risanju in kotiranju. Podrobno so obravnavani različni načini predpisovanja zahtev o dimenzijski in geometrijski točnosti objektov (odstopki, tolerance, ISO ujemi in tolerance, geometrijske tolerance) o stanju površin (hrapavost) in robov objektov. Sistematično so obdelane posebnosti pri prikazovanju značilnih (standardnih) strojnih oblik, elementov, sklopov in konstrukcij ter pri risanju shematskih risb naprav, instalacij in procesov. Podane so osnove označevanja značilnih tehničnih materialov, toplotnih obdelav in kovinskih prevlek. Knjiga vsebuje tudi pregled standardov SIT ISO za področje tehnične dokumentacije.
		ANG	The book provides a detailed overview of theoretical basics and established practices in the production of technical documentation in accordance with the latest ISO standards and with emphasis on technical drawing in mechanical engineering. The book first presents the basis of production, handling and manipulation of technical documentation (basic drawing rules, tools, drawing media, types and forms of drawings, reproduction and storage etc.). The following chapters discuss drawing rules and special features (simplifications) of drawing and dimensioning. Also presented are different methods of prescribing requirements on dimensional and geometrical accuracy of objects (deviations, tolerances, ISO fits and tolerances, geometrical tolerances) in regard to surface characteristics (roughness) and object edges. Also included is a systematic overview of special features of presenting typical (standard) machine forms, elements, assemblies and structures as well as creating schematic drawings of devices, installations and processes. Basic rules on the labelling of typical technical materials, thermal treatments and metal coatings are provided. The book also includes an overview of the SIST ISO standards applicable in the field of technical documentation.
	Šifra	F.35 Drugo	
	Objavljeno v	Stri svetovanje; 2011; 440 str.; Avtorji / Authors: Prebil Ivan, Zupan Samo	
	Tipologija	2.03 Univerzitetni, visokošolski ali višješolski učbenik z recenzijo	
5.	COBISS ID	12419611	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izdelava dokumentacije za izvedbo razpisa za blažilnike trkov za zavarovanje stene SOS - predorske niše
		ANG	Production of technical documentation for the purpose of a tender for the manufacture of crash cushions
	Opis	SLO	Projekt obsega izdelavo tehnične dokumentacije za izvedbo razpisa za izdelavo blažilnikov trkov, s katerimi varujemo vozila oziroma potnike v primerih naletov v steno SOSpredorskih niš. Tehnična dokumentacija je izdelana na osnovi rezultatov raziskovalnega projekta št.: 2403001444/S z naslovom »Primerjalna prometno varnostna študija pri zavarovanju stene predorske niše z JVO – jekleno varnostno ograjo ali naletno blazino« in v skladu z naročilom vsebuje sestavno risbo blažilnika trkov in opis vseh sestavnih delov blažilnika trkov. Dokumentacija je izdelana za pritrditev blažilnika trkov na steno predorske niše in pritrditev blažilnika trkov na dodatni nosilec.
		ANG	The project includes production of technical documentation for the purpose of a tender for the manufacture of crash cushions, which help protect vehicles and vehicle occupants in the events of impacts with tunnel walls of SOS niches. The technical documentation is produced based on the results of the research project No. 2403001444/S entitled »Comparative traffic safety study of the tunnel niche wall protection by means of steel safety barrier (SSB) or crash cushion« and includes an assembly drawing of the

		crash cushion as well as a description of all compound elements of the crash cushion. The documentation relates to the attachment of the crash cushion to the tunnel niche wall as well as to an additional beam.
Šifra	F.06	Razvoj novega izdelka
Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo; 2012; 27 str.; Avtorji / Authors: Kunc Robert, Zupan Samo, Ambrož Miha, Krašna Simon, Žerovnik Andrej, Šušteršič Gašper, Omerović Senad, Novak Aleksander, Prebil Ivan	
Tipologija	2.12	Končno poročilo o rezultatih raziskav

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁷

Na področju mehanike kontinuumov so bili na osnovi opravljenih trgalnih testov in lastno razvitega programa za ugotavljanje in popis iniciacije ter rasti poškodbe materiala pri cikličnih obremenitvah ugotovljene razlike med metodami in njihove slabosti. Rezultati so bili sprejeti za objavo: PEPEL, Vili, ŽEROVNIK, Andrej, TRAJKOVSKI, Jovan, PREBIL, Ivan. Comparison of three different methods for determination of damage in solid materials. *Materials & design*, ISSN 0264-1275. [Print ed.], 2013, ilustr., doi: 10.1016/j.matdes.2013.11.015. [COBISS.SI-ID 13258523]

Na področju varnosti v cestnem prometu je bila razvita naletna blazina: KUNC, Robert, OMERVIĆ, Senad, AMBROŽ, Miha, PREBIL, Ivan. Comparative study of European tunnel emergency-stop-area-wall protection measures. *Accident analysis and prevention*, ISSN 0001-4575, 2013, doi: 10.1016/j.aap.2013.10.020. [COBISS.SI-ID 13216027]

JOVANOVIĆ, Marko, ZUPAN, Samo, STARBEK, Marko, PREBIL, Ivan. Virtual approach to holonic control of the tyre-manufacturing system. *Journal of manufacturing systems*, ISSN 0278-6125, 2013, ilustr., doi: 10.1016/j.jmsy.2013.07.005. [COBISS.SI-ID 13259035]

Na področju biomehanike so narejeni natezni preizkusi treh ligamentov vratne hrbtenice, treh starostnih skupin po lastno razvitem eksperimentalnem postopku in verifikacija izpopolnjenega materialnega modela za modeliranje vratnih ligamentov, kar je predstavljeno v članku: TRAJKOVSKI, Ana S., OMERVIĆ, Senad, HRIBERNIK, Marija, PREBIL, Ivan. Failure properties and damage of cervical spine ligaments, experiments and modelling. *Journal of biomechanical engineering*, ISSN 0148-0731, 2014, doi: 10.1115/1.4026424. [COBISS.SI-ID 13356827]

Na področju visokošolskega in univezitetnega izobraževanja je bila izdan učbenik: PREBIL, Ivan, KUNC, Robert. *Opisna geometrija : potrebna znanja za pravilno risanje - osnove tehničnega risanja*. 4. izd. Piran: STRI svetovanje, 2011. 151 str., ilustr. ISBN 978-961-93169-0-0. [COBISS.SI-ID 258074368]

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Program raziskav nosilnosti in zdržljivosti strojnih elementov in sklopov se vklaplja v sodobne trende raziskav na tem področju strojništva, ki nosilnost in trajanje elementov določajo s pomočjo realnega obremenitvenega stanja, nelinearnega deformacijsko-napetostnega odziva in poškodbene mehanike kontinuuma. Spoznanja in rezultati teh raziskav dopolnjujejo spoznanja s sorodnih področij obratovalne trdnosti, lomne mehanike in tribologije. Poudarek na razvoju znanosti je na naslednjih področjih:

a. Na področju modeliranja obnašanja materiala, izpostavljenega cikličnim in impulznim obremenitvam, je bil razvit in potrjen materialni model, ki vsebuje popis izotropnega in kinematičnega utrjevanja z rastjo poškodbe materiala in popisom fenomena tečenja. Materialni model je bil tudi vgrajen v komercialni MKE program. Razvoj in uporaba modela popisa fenomena tečenja v znanstvenih raziskavah omogoča boljše razumevanje nelinearnega in nehomogenega odziva nizkolegiranih jekel ter sorodnih materialov, podvrževnih ciklični plastifikaciji. Posledično pomeni tudi boljše razumevanje akumuliranja in širjenja poškodbe v

materialu.

b. Na področju protiminske in protibalistične zaščite vojaških vozil je bil raziskan vpliv fizičnih in numeričnih parametrov na odboj eksplozijskega vala ter deformacijo konstrukcije.

c. Na področju karakterizacije materiala so bili določeni materialni parametri trdnostnega in poškodbenega modela za novo jeklo PROTAC 500.

V programu raziskav na področju magnetokaloričnega hlajenja je bil razvit nov prototip linearnega laboratorijskega magnetokaloričnega hladilnika, ki omogoča nov razvoj in študij zakonitosti oblikovanja in uporabe različnih magnetnih regenerativnih materialov. Razvit, konstruiran in preizkušen je bil laboratorijski prototip rotacijskega magnetnega hladilnika druge generacije. Razvoj na osnovi izsledkov prehaja že v tretjo generacijo tovrstnih naprav na FS.

Na področju biomehanike je razvita in izdelana rečunalniško vodena enoosna natezna naprava, ki v nestandardiziranem eksperimentalnem območju omogoča izboljšanje razumevanja in poznavanja mehanskih lastnosti ligamentov vratne hrbtenice pri fizioloških pogojih preizkušanja. Izvedba vrste natezних enoosnih preizkusov omogoča raziskavo vpliva starosti in spola človeka, fizioloških pogojev in priprave vzorca na mehanski odziv in mejo poškodbe mehkega tkiva. Prikazan je pomemben vpliv hitrosti in velikosti obremenitve na nastanek poškodbe ter maksimalno deformacijo človeških ligamentov vratne hrbtenice. Vsi eksperimentalni rezultati omogočajo natančnejše modeliranje odziva vratne hrbtenice udeležencev različnih antropometričnih karakteristik različnih pogojih trka.

Na področju interaktivne simulacije gibanja mehanskih sistemov so razvite rešitve za realno časovno simuliranje dinamike vožnje kolesnih vozil na poljubnem terenu. Rešitev vključuje povezavo z aktuatorji, ki uporabniku potrdijo haptično informacijo. Za demonstracijo delovanja je bila programska oprema i3Drive povezana z aktivnim sedežem in aktivnim volanom v haptični simulator vožnje terenskega vozila. Orodje za prikaz rezultatov simulacije v navideznem trirazsežnem okolju je bilo generalizirano tudi za prikaz ostalih sistemov teles in prirejeno za prikaz rezultatov simulacij z zunanjimi simulacijskimi okolji (komercialnimi in lastnega razvoja). Za podrobno tridimenzionalno simulacijo dinamike sistema teles je bilo razvito lastno programsko okolje, ki je bilo uspešno preverjeno na primeru dinamike vožnje šestkolesnega terenskega vozila.

ANG

The following fields have a strong emphasis on science development:

a) In the field of modelling the behavior of material subject to cyclic and impulse loads, a new material model has been developed and verified which enables description of isotropic and kinematic hardening by means of material damage growth and the yield-point phenomenon. The material model has also been implemented into commercial FEM software. Development and application of the model describing the yield-point phenomenon in science research enable better understanding of the non-linear and non-homogenous response of low-alloy steels and related materials subject to cyclic plasticity. This also leads to better understanding of material damage accumulation and growth.

b) In the field of antimine and antiballistic protection of military vehicles, analyses have been performed of the impact of physical and numerical parameters on blast wave reflection and structure deformation.

c) In the field of material characterization, material parameters of the strength and damage model have been determined for the new PROTAC 500 steel.

Research on magnetocaloric cooling has led to development of a new prototype of a linear laboratory magnetocaloric refrigerator, which enables further development and research on design principles and application of different magnetic refrigerators made of gadolinium and other materials. A laboratory prototype of a second-generation rotational magnetic refrigerator has been developed, designed and tested. Research based on the obtained findings has already resulted in development of third-generation devices at the Faculty of Mechanical Engineering.

In the field of biomechanics, a uniaxial tension device has been developed and produced which enables better understanding of and familiarization with mechanical properties of cervical spine

ligaments under physiological conditions. With a series of tension uniaxial tests, it is possible to analyze the impact of age and gender, physiological conditions and sample preparation on the mechanical response and damage boundary of the soft tissue. Presented is a significant impact of the load velocity and size on damage initiation and maximum deformation of human cervical spine ligaments. Test results enable more accurate modelling of the response of the cervical spine of participants with various anthropometric characteristics under different impact conditions.

In the field of interactive simulation of the mechanical system motion, solutions have been developed for real-life time simulation of the driving dynamics of wheeled vehicles on arbitrary terrains. A connection is made with actuators which provide the user with haptic information. In order to demonstrate the operation, the i3Drive software was connected to an active seat and active steering wheel thereby enabling haptic simulation of off-road driving. The tool for presentation of simulation results in a virtual 3D environment was also applied for presentation of other multibody systems and adjusted for presentation of simulation results by means of external simulation environments (both commercial and own developed). For the purpose of detailed 3D simulation of multibody system dynamics, new software was developed and successfully verified by studying the driving dynamics of a 6-wheel off-road vehicle.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Na osnovi rezultatov temeljnih raziskav nas je zaprosilo za pomoč in povabilo k sodelovanju več slovenskih in tudi tujih podjetij in inštitucij, kjer smo uspešno posredovali znanja pri:

- razvoju relacijskih modelov in geometrijske podatkovne baze za različne tipe ležajev za kreiranje ponudb in ponudbene dokumentacije za vrtljive kotalne zveze,
- na področju raziskav obnašanja in povečanja zdržljivosti torzijskih vzmeti vojaških vozil,
- razvoju in verifikaciji integracije minometa v vozilo,
- razvoju kolesnih motorjev s poudarkom na zagotavljanju ustrezne trdnosti tudi pri sunkovitih obremenitvah in
- razvoju aplikacije z novim pristopom v kontroli in upravljanju proizvodnega sistema v procesu proizvodnje pnevmatik.

Razumevanje in uporaba razvitih materialnih modelov omogoča kvalitetnejše, cenovno ugodnejše in hitrejše reševanje realnih industrijskih problemov, prenos znanja v slovensko industrijo (Sistemska tehnika, Elaphe) pa boljšo konkurenčnost slovenskih podjetij na svetovnem trgu. Vsa sodelovanja s podjetji so imela neposredni finančni učinek podjetij, saj so jim naše raziskave in rezultati omogočile prodajo izdelkov končnim kupcem.

Dobljena odvisnost mehanskega odziva vratnih ligamentov omogoča komercialno dostopnim MKE programskim okoljem natančnejšo modeliranje odziva vratne hrbtnice pri poenostavljenem modeliranju ligamentov. Po drugi strani verificirani matematični model omogoča bolj natančno numerično modeliranje samih vratnih ligamentov, kar je naslednji korak v izboljšanju MKE modelov. Dobljeni eksperimentalni podatki v funkciji starosti človeka, hitrosti deformacije ali velikosti predobremenitve omogočajo boljše razumevanje mehanizma nastanka poškodbe pri različnih športnih in fizičnih obremenitvah. V simulaciji je pri različnih pogojih trka poleg spremembe parametričnega geometrijskega modela omogočena dejanska sprememba odziva samih struktur.

Rezultati raziskav in razvoja s področja prometne informatike imajo neposredno uporabnost pri načrtovanju in upravljanju sistemov javnega prevoza (razvita aplikacija BUSO). Geoinformacijska predstavitev podatkov o prometnih nezgodah (razvita spletna aplikacija) je namenjena seznanjanju najširše javnosti s podatki o preteklih prometnih nezgodah in ima s tem neposreden vpliv na dojetje prometne varnosti. Z analizami pridobljeni in javno dostopni podatki so zapisani v "bazo podatkov o prometnih nezgodah", ki je v celoti na voljo upravljavcem cestnega omrežja. Za njeno pregledovanje in upravljanje je razvita programska oprema, ki se bo v nadaljevanju dela razvijala in nadgrajevala glede na zahteve uporabnikov.

ANG

Based on fundamental study results, several Slovene and foreign companies and institutions have asked for our assistance and proposed collaboration during which we successfully demonstrated our knowledge in the following fields:

-development of relation models and geometrical database for different bearing types intended for creation of offers and offer documentation on rolling rotational connections,
 -analyses of the behaviour of torsion bars in military vehicles and increasing their durability,
 -development and verification of mortar integration in a vehicle,
 -development of in-wheel motors with emphasis on ensuring appropriate stability even under impulse loads, and
 -development of an application with a novel approach to control and management of the tyre-manufacture system.

Understanding and application of the developed material models provide more quality, cost effective and faster solutions to real-life industrial problems, while the knowledge transfer into the Slovene industry (Sistemska tehnika, Elaphe) improves global competitiveness of Slovene companies. All collaborations with the companies have had a positive financial impact on the companies since our research and obtained results helped promote the sale of their products to final buyers.

The obtained dependence of the mechanical response of the cervical spine ligaments enables the commercial FEM software to perform detailed modelling of the cervical spine response in the event of simplified ligament modelling. The verified mathematical model also enables more detailed numerical modelling of neck ligaments, which is thought to be the next step in the improvement of FEM models. The obtained test data on the importance of age, deformation velocity and the pre-load size enable better understanding of the damage initiation mechanism under different sports-related or physical loads. Under different impact conditions, the simulation allows for the parametric geometrical model change as well as the actual change in the response of various structures.

Study and development results in the field of transportation informatics are applicable in planning and management of public transportation systems (the developed BUSO application). The directory of geoinformational data on traffic accidents (own-developed web application) is intended to inform the public of past traffic accidents, thus having a direct impact on the perception of traffic safety. Data obtained through performed analyses is publicly available and collected in a traffic accident database which is entirely available to road infrastructure operators. Application and management of the database is enabled by newly developed software which will be further developed and upgraded upon user request.

10. Zaključna mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2013¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	1
bolonjski program - II. stopnja	
univerzitetni (stari) program	3

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
24906	Gašper Šušteršič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26558	Andrej Žerovnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25500	Matej Žvokelj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij
Dr. - Doktorat znanosti
MR - mladi raziskovalec

11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev
24906	Gašper Šušteršič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
26558	Andrej Žerovnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
25500	Matej Žvokelj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo

Legenda zaposlitev:

- A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi
- B** - gospodarstvo
- C** - javna uprava
- D** - družbene dejavnosti
- E** - tujina
- F** - drugo

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2013

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev
34656	Jovan Trajkovski	A -	12
0	Marko Jovanović	C - študent - doktorand	12

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
- B** - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
- C** - študent - doktorand iz tujine
- D** - podoktorand iz tujine

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2013 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi pozivov za EU vpetost.¹⁵

SLO

KmTM je kot polnopravna članica organizacije AREC (*Accident Reconstruction Conference*) Group leta 2009, 2010, 2011, 2012 in 2013 sodelovala pri pripravi in vrednotenju ter predstavitvi raziskovalnega dela na področju trčnih preizkusov na tradicionalnem srečanju v Wildhausu v Švici.

RO/nosilec v Sloveniji: UL, Fakulteta za strojništvo, prof. dr. Ivan Prebil

Leta 2011 smo s konzorcijem mednarodnih partnerjev (MIRA Ltd (GB) – koordinator, Brembo (I), Applus IDIADA Group (E), Exida (I), Elaphe (SLO), Cardiff University (GB), University of Ljubljana (SLO), Volvo (S)) sodelovali pri pripravi in prijavi projekta FP7 z naslovom *Assessment of Technologically advanced EV critical Components (AzTEC)*. Prijava je bila dana na razpisano temo oz. poziv GC-ICT-2011.6.8 ICT for fully electric vehicles g) Functional Safety and Durability of the FEV.

Projekt AzTEC je neposreden odgovor ciljem poziva »funkcionalna varnost in trajnost popolnoma električnih vozil« in je namenjen raziskovanju in odgovorom na vprašanja, kako lahko varno in trajno integriramo dva varnostno in trajnostno kritična sistema v popolnoma električno vozilo (bodočnosti): kolesne elektromotorne pogone s sposobnostjo regeneracijskega zaviranja in sistem za popolnoma električno (primarno) zaviranje (ang. *Brake by Wire – BbW*). Specifični cilji projekta so tudi priredba in optimizacija znanih rešitev in sistemov za funkcionalno varno in trajno uporabo v bodoče. Projekt je na strokovni ocenitvi prejel pozitivno prehodno oceno (10 točk od 15).

Bilateralni projekt (BIHR/12-13-039) z naslovom: AVTOMATIZIRAN SISTEM ZA DOLOČANJE

PARAMETROV TKIV; Cilji skupne raziskave v okviru projekta so:

- eksperimentalno opazovanje in razumevanje vpliva hitrosti in jakosti obremenitve na razvoj deformacijsko-napetostnega stanja ter deformacijo trganja ligamenta na makro (napetostno-deformacijske krivulje) ter mikro (histološki preparati) nivoju,
- na osnovi eksperimentalnega opazovanja razviti lasten model ali prilagoditi obstoječe materialne modele, ki bi znali popisati realen deformacijsko-napetostni odziv mehkih tkiv ter
- za izbran numerični model tkiv prilagoditi genetski algoritem za določanje parametrov materiala.

RO/nosilec na Hrvaškem: Tehniški fakultet Rijeka, doc. dr. Marina Franulović

RO/nosilec v Sloveniji: UL, Fakulteta za strojništvo, prof. dr. Ivan Prebil

Trajanje projekta: 1. 1. 2012 do 31. 12. 2013

Manjši temeljni projekt, slovensko-avstrijski.

Naslov: SLO:Modeliranje anatomskih struktur za analizo obremenitev in poškodb udeležencev v prometnih nezgodah

Projekt je osredinjen na modeliranje anatomskih struktur, ki vplivajo na gibanje in obremenitve ter lahko utrpijo poškodbe v pogojih trka. Poseben poudarek je posvečen vratni regiji.

RO/nosilec v Sloveniji: UL, Fakulteta za strojništvo, prof. dr. Ivan Prebil

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

-Integracija minometa minometa CARDOM 7-2 v vozilo Steyr Pandur II 8x8 MCV

Naročnik: Sistemska Tehnika d.o.o.,

vodja: prof. dr. Ivan Prebil

-Razvoj velikih preciznih kotalnih ležajev

Nosilec: Sistemska Tehnika d.o.o., Ravne na Koroškem

vodja na Fakulteti za strojništvo: prof. dr. Ivan Prebil

-RAZVOJ HIBRIDNEGA AVTOBUSA MARBUS C 960 HYBRID

Nosilec: Tovarna vozil Maribor, d.o.o.

vodja na Fakulteti za strojništvo: prof. dr. Ivan Prebil

-Presojanje cestno prometnih razmer na osnovi simulacij in meritev dinamike vožnje v področju nevarnih cestnih odsekov

Naročnik: Direkcija Republike Slovenije za ceste

vodja: prof. dr. Ivan Prebil

-Analiza rezultatov meritev tornih lastnosti ter primerjava z meritvami pojemkov in zavornih poti

Naročnik: Direkcija Republike Slovenije za ceste

vodja na FS: prof. dr. Ivan Prebil

-Izdelava programske rešitve za povezavo infrastrukturnega in ekonomsko-finančnega dela JPP"

Naročnik: Direkcija Republike Slovenije za ceste

vodja: prof. dr. Ivan Prebil

-Analiza oblike površine zrcala in ujemanja s predpisano obliko ter obnašanja površine zrcala v temperaturnem ciklusu

Naročnik: Ministrstvo za infrastrukturo in prostor, Direkcija Republike Slovenije za ceste

vodja: prof. dr. Ivan Prebil

-Spletna aplikacija za spremljanje in prikaz mest prometnih nesreč na cestnem omrežju Slovenije

Naročnik: Javna agencija Republike Slovenije za varnost prometa

vodja: prof. dr. Ivan Prebil

-Informacijska podpora naročniku pri razvoju GJS JPP

Naročnik: Ministrstvo za promet

vodja: prof. dr. Ivan Prebil

-Strokovno-tehnična podpora koncedentu pri izvajanju popisa avtobusnih postajnih točk GJS JPP s strani avtobusnega prevoznika – koncesionarja

Naročnik: Ministrstvo za infrastrukturo in prostor, Direkcija Republike Slovenije za ceste

vodja: prof. dr. Ivan Prebil

-Izdelava dokumentacije za izvedbo razpisa za blažilnike trkov za zavarovanje stene SOS predorske niše

Naročnik: DARS

Vodja: i. prof. dr. Robert Kunc

-Primerjalna prometno varnostna študija naleta avtobusa v steno SOS predorske niše brez zavarovanja in zavarovana z blažilnikom trkov

Naročnik: DARS, Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji, d. d.
 Vodja: i. prof. dr. Robert Kunc
 -Primerjalna prometno varnostna študija pri zavarovanju stene predorske niše z jekleno varnostno ograjo ali naletno blazino
 Naročnik: DARS
 -Razvoj drugega prototipa specialnega hladilnika visokih izkoristkov s permanentnimi magneti
 Naročnik: Ministrstvo za gospodarstvo RS
 Nosilec: SMM, d. o. o.
 Vodja na FS: prof. dr. Ivan Prebil in prof. dr. Alojz Poredoš
 -Raziskovalno sodelovanje
 Naročnik: SMM, d. o. o.
 -Maloserijska izdelava električnih kolesnih motorjev
 Naročnik: Elaphe d.o.o.
 Programska skupina je bila tudi vključena v več drugih projektov in nalog (Protiminska zaščita, Zaščitna očala za squash, Mostno dvigalo, Sistem za varjenje nosilnih ogrodij, Vpenjalni modul za varjenje stebrov paličnih nosilnih konstrukcij itd.), glede katerih smo bili s strani gospodarstva zaproseni za pomoč.

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

Široka paleta tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnost za njihovo implementacijo v praksi se lahko vidi iz množice uspešno izvedenih in zaključenih raziskovalnih projektov (opis v točki 14).

Na konstrukterskem področju sodelujemo največ s podjetjema: Sistemska tehnika iz Raven in podjetjem SMM iz Maribora, občasno tudi z drugimi (Sava, Avtoelektrika, Goodyear, Elaphe itd.). Stike navezujemo tudi s tujimi podjetji, ki so bodisi dobavitelj ali kupec produktov slovenskih podjetij. Izsledki so na različne načine uporabljeni v praksi. Npr. s pomočjo rezultatov RR sodelovanja (razvojna metodologija in modeli za analize, razvoj sestavnih elementov, programska oprema za razvoj in hitra izdelava ponudb na povpraševanja kupcev velikih kotalnih vrtljivih zvez) je Sistemska tehnika začela tržiti nove produkte – velike kotalne ležaje za zahtevne vrtljive zveze (npr. za vetrne elektrarne). Podobno velja za nišni produkt – torzijske vzmeti za težka terenska vozila, kjer je podjetje sicer renomiran dobavitelj. Na tem področju analize in simulacije in novi materialni modeli, ki jih razvijamo, pomagajo pri optimizaciji tehnološkega postopka in samega produkta. Na osnovi rezultatov projektne naloge "Integracije minometa minometa CARDOM 7-2 (120 mm) v vozilo Steyr Pandur II 8x8 MCV " je ST izdelala prototip vozila za znanega naročnika, ki namerava izdelati še več identičnih vozil. S strani naročnika pa je prišlo povpraševanje še za izvedbo integracije 81 mm minometa v vozilo NEW PANDUR 6x6. Podobno velja za podjetje SMM, s katerim skupaj raziskujemo in razvijamo različne tehnologije in produkte, kot so mehatronski avtomatizirani sistemi (npr. modul navijalnega stroja pri proizvodnji surovih pnevmatik), tehnologije magnetnega hlajenja (razvoj prototipa magnetnega hladilnika, ki dosega 50% izboljšane zmogljivosti, prehaja v tretjo obliko prototipa in izvedbeno fazo), kineziološke naprave (biomehanika in konstrukterska znanja). Leta 2011 smo začeli sodelovanje s podjetjem ELAPHE pri razvoju kolesnega elektromotorja. V okvir sodelovanja spada tudi naše mentorstvo doktorantu na področju razvojnih in izdelovalnih tehnologij na področju kolesnih elektromotorjev – generatorjev električnih vozil.

Na področju prometne varnosti raziskovalno sodelujemo z različnimi organizacijami doma (Ministrstvo za infrastrukturo in prostor, AVP RS, DARS, DRSC, sodišča, zavarovalnice) in v tujini (AREC, EVU itd.) pri raziskavah dejavnikov pasivne in aktivne varnosti v prometu. Rezultati so uporabni na različne načine: nove metode, postopki, normativi, priporočila, izvedeništvo, varnostni produkti in ukrepi itd. na področju aktivne in pasivne varnosti vozil in cestne infrastrukture kot tudi na področju analiz obremenitev in poškodb udeležencev v prometnih nezgodah (model človeškega telesa). Na tem področju smo zasnovali in začeli tudi nov študijski program 2. stopnje: »Sistemi prometne varnosti« (SPV), kjer prva generacija že končuje študij.

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	minimalno 200.000 €

ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	Lahko bi ustvarili podjetje za nadalji razvoj, trženje in izobraževanje uporabnikov, za kar bi potrebovali nakup programske in strojne opreme. Proizvodnja pa bi morala potekati v okviru obstoječih proizvodnih kapacitet v RS.
---	--

17. Izjemni dosežek v 2013¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Multivariatna in večskalna statistična monitoring metoda, osnovana na kombinaciji metode EEMD in analize glavnih komponent za ležaje velikih dimenzij, vključuje eksperimentalno preverjanje razvitih numeričnih materialnih modelov na namensko zgrajenem laboratorijskem preizkuševališču ter razvoj tehnik spremljanja obratovanja sistema, filtriranja signalov in diagnostičnih metod. V preizkuševališče integrirana merilno-krmilna veriga omogoča spremljanje ter možnost spreminjanja pogojev obratovanja. Odziv sistema na vhodne veličine pa spremlja šest neodvisnih merilnih sistemov, ki spremljajo vibracije, akustično emisijo, deformacije prirobnice ležaja, vrtilni upor ležaja, mikro premike tečine in relativne premike ležajnih obročev. Z namenom odkritja in diagnostike poškodb v velikih kotalnih ležajih sta bili razviti dve multivariatni metodi (EEMD-MSPCA in EEMD-MSKPCA), ki omogočata filtriranje signalov, odkrivanje poškodb ter tudi diagnostiko.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Sodelavci raziskovalnega programa smo skupaj z investitorjem DARS izvedli razvoj zaščitnega sredstva za zavarovanje stene SOS-predorske niše pri naletu osebnih avtomobilov. Na osnovi študij prometnih nesreč, naletov vozil v steno predorskih niš in računalniških simulacij naletov osebnih vozil smo dobili najbolj optimalno rešitev oblike naletne blazine. Na osnovi primerjalnih analiz vrednosti indeksa neugodnih pojemkov, velikosti teoretične hitrosti glave pri udarcu in vrednosti pojemka glave po udarcu se izkaže, da razvita naletna blazina za primere naleta vozil z maso 1.300 kg in s hitrostjo 80 km/h v celoti ustreza najstrožjemu nivoju A standarda EN 1317. Le štiri dni po namestitvi prve podobne naletne blazine je prišlo do trčenja vozila v tako zaščiteno predorsko nišo. Voznik je bil v nesreči poškodovan, vendar brez smrtno nevarnih poškodb.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba JRO
in/ali RO s koncesijo:*

in

vodja raziskovalnega programa:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
strojništvo

Ivan Prebil

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

11.4.2014

Oznaka prijave: ARRS-RPROG-ZP-2014/32

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času trajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času trajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite MR. [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2013), ustrezno označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Točko izpolnijo tudi izvajalci raziskovalnega programa, prejemniki sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja raziskovalnega programa zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanja v projektih okvirnih programov Evropske unije). Izvajalec, ki je na podlagi pogodbe prejel sredstva iz navedenega naslova, vsebinsko opiše porabo prejetih sredstev za financiranje stroškov blaga in storitev ter amortizacije, nastalih pri izvajanju tega raziskovalnega programa. V primeru, da so bili v okviru raziskovalnega programa prejemniki sredstev različni izvajalci, vsak pripravi vsebinsko poročilo za svoj delež pogodbenih sredstev. Vodja raziskovalnega programa poskrbi, da je vsebinsko poročilo, ločeno za vsakega izvajalca, vključeno v navedeno točko poročila. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2013 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2014 v1.00a

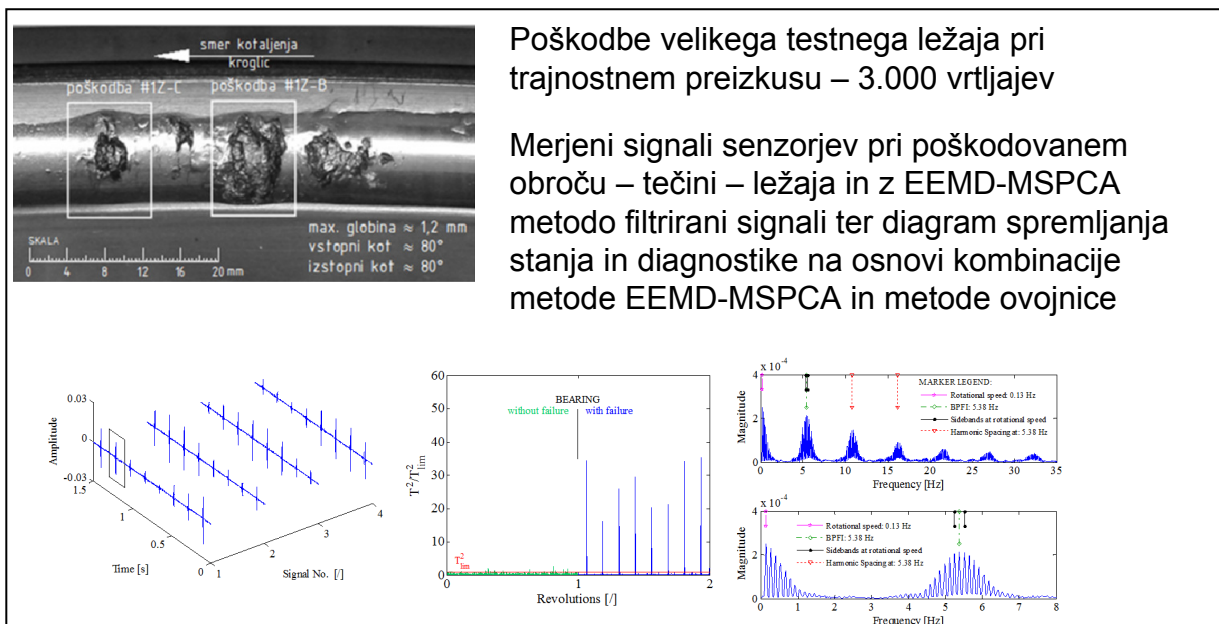
97-B0-CF-3E-F3-D0-BB-EE-C2-46-46-96-B1-21-39-4F-4F-2B-15-29

Priloga 1

TEHNIKA

Področje: 2.11 Konstruiranje

Dosežek 1: Multivariatna in večskalna statistična monitoring metoda, osnovana na kombinaciji metode EEMD in analize glavnih komponent, Vir: ŽVOKELJ, Matej, ZUPAN, Samo, PREBIL, Ivan. Multivariate and multiscale monitoring of large-size low-speed bearings using ensemble empirical mode decomposition method combined with principal component analysis. Mechanical systems and signal processing, ISSN 0888-3270. [Tiskana izd.], May 2010, vol. 24, iss. 4, str. 1049-1067, ilustr., doi: 10.1016/j.ymsp.2009.09.002. **SIK1**



Multivariatna in večskalna statistična monitoring metoda, osnovana na kombinaciji metode EEMD in analize glavnih komponent za ležaje velikih dimenzij, je bila razvita in utemeljena z eksperimentalnim preverjanjem razvitih numeričnih materialnih modelov na namensko zgrajenem laboratorijskem preizkuševališču. Pomembna je za razvoj tehnik spremljanja obratovanja sistema, filtriranja signalov in za razvoj diagnostičnih metod.

V preizkuševališče integrirana merilno-krmilna veriga omogoča spremljanje ter spreminjanje pogojev obratovanja. Odziv sistema na vhodne veličine pa spremlja šest neodvisnih merilnih sistemov, ki zaznavajo vibracije, akustično emisijo, deformacije prirobnice ležaja, vrtilni upor ležaja, mikro premike tečine in relativne premike ležajnih obročev.

Z namenom odkrivanja in diagnostike poškodb v velikih kotalnih ležajih sta bili razviti dve multivariatni metodi (EEMD-MSPCA in EEMD-MSKPCA), ki omogočata filtriranje signalov, odkrivanje poškodb ter tudi diagnostiko poškodb. Take metode spremljanja delovanja pridobivajo vedno večjo težo na področjih, kjer je zahtevana dolgotrajna tehnična razpoložljivost dragih tehničnih sistemov.

Diapozitiv 1

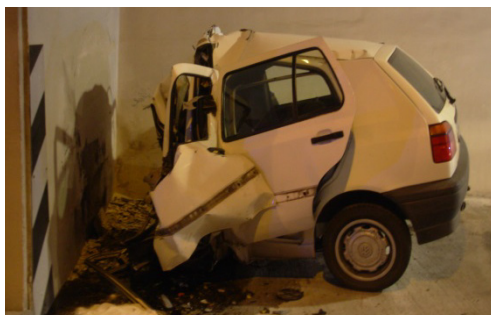
SIK1 Nekatero oznake so v ang. (May, iss.), nekatere pa v slov. jeziku (str., ilustr.).
Slobodanka; 02.4.2014

Priloga 2

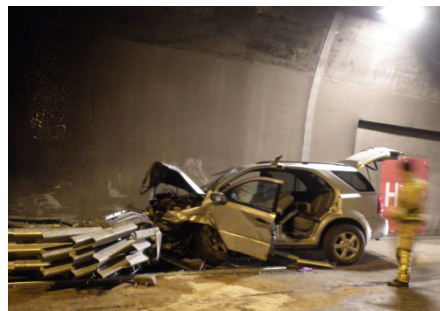
TEHNIKA

Področje: 2.11 Konstruiranje

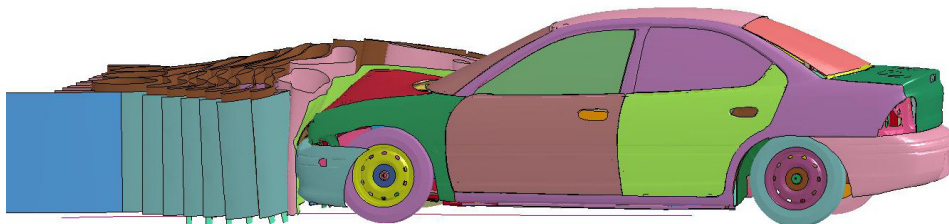
Dosežek 1: Zavarovanje stene SOS-predorske niše, Vir: KUNC, Robert, OMEROVIĆ, Senad, AMBROŽ, Miha, PREBIL, Ivan. Comparative study of European tunnel emergency-stop-area-wall protection measures. Accident analysis and prevention, ISSN 0001-4575, 2013, doi: 10.1016/j.aap.2013.10.020.



Nalet vozila v
čelno steno
predorske
niše brez
naletne
blazine in z
njo



Razvojna simulacija naleta vozila v naletno blazino



Sodelavci raziskovalnega programa smo skupaj z investitorjem DARS izvedli razvoj zaščitnega sredstva za zavarovanje stene SOS-predorske niše pri naletu osebnih vozil. Od leta 2009 do sredine leta 2012 je bilo na slovenskih avtocestah osem nalezov osebnih vozil v steno predorske niše in prav vse so se končale s smrtnim izidom.

Na osnovi študij prometnih nesreč oziroma nalezov vozil v steno SOS-predorskih niš ter računalniških simulacij nalezov osebnih vozil smo dobili najbolj optimalno rešitev oblike naletne blazine. Začetni pogoji trka posameznega vozila v SOS-predorske niše oziroma v različne oblike zaščitnih sredstev so bili določeni s simulacijami dinamike vožnje vozil v fazi pred trkom. Na osnovi primerjalnih analiz vrednosti indeksa neugodnih pojmov, velikosti teoretične hitrosti glave pri udarcu in vrednosti pojemka glave po udarcu se izkaže, da razvita naletna blazina za primere nalezov vozil z maso 1.300 kg in s hitrostjo 80 km/h v celoti ustreza najstrožjemu nivoju A standarda EN 1317.

Le štiri dni po namestitvi prve podobne naletne blazine je prišlo do trčenja vozila v tako zaščiteno predorsko nišo. Voznik je bil v nesreči poškodovan, vendar brez smrtno nevarnih poškodb.